

B6

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-127410

(P2000-127410A)

(43) 公開日 平成12年5月9日 (2000. 5. 9)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テーマコード (参考)

B 4 1 J 2/06  
2/205

B 4 1 J 3/04

1 0 3 G 2 C 0 5 7  
1 0 3 X

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願平10-305350

(22) 出願日 平成10年10月27日 (1998. 10. 27)

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 李 燦

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株

式会社日立製作所日立研究所内

(72) 発明者 篠原 英毅

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株

式会社日立製作所日立研究所内

(74) 代理人 100087170

弁理士 富田 和子

最終頁に続く

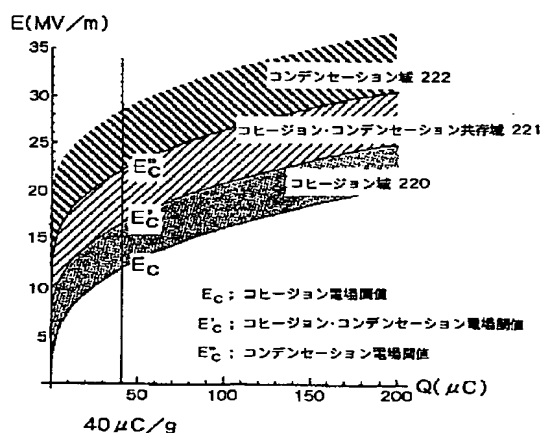
(54) 【発明の名称】 プリンター装置

(57) 【要約】

【課題】 高速に高精細・高階調記録をすることができるプリンター装置を提供する。

【解決手段】 吐出電極の先端にコヒージョン域220の電場を印加すると、吐出電極の先端から球状の顔料凝集体1が飛翔する。この場合、インク吐出周期は比較的長い。吐出電極11aの先端から余分な帯電顔料粒子が飛翔しないため、微細な画素を記録媒体上に形成することができる。吐出電極の先端にコンデンセーション域222の電場を印加すると、吐出電極の先端から半球状または肉厚シェル状の顔料凝集体190が飛翔する。この場合、半球状または肉厚シェル状の顔料凝集体190と共に、帯電顔料粒子を含むインク溶媒も飛翔するため、コヒージョン域220よりも高濃度の画素を高速に記録することができる。このようなコンデンセーション領域222はベタ塗り記録に適している。

図24



BEST AVAILABLE COPY

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】帯電顔料粒子を含むインクが供給されるスリット内に設けられた複数の吐出電極と、当該複数の吐出電極に対向する対向電極との間に電界を形成し、当該複数の吐出電極の先端からそれぞれ前記対向電極に向けてインク液滴を飛翔させるプリンター装置であって、前記インクに含まれている帯電顔料粒子を前記各吐出電極の先端部で凝集させ、当該帯電顔料粒子の凝集体を50体積%以上含むインク液滴を飛翔させることを特徴するプリンター装置。

【請求項2】帯電顔料粒子を含むインクが供給されるスリット内に設けられた複数の吐出電極と、当該複数の吐出電極に対向する対向電極との間に電界を形成し、当該複数の吐出電極の先端からそれぞれ前記対向電極に向けてインク液滴を飛翔させるプリンター装置であって、前記インクに含まれている帯電顔料粒子を前記各吐出電極の先端部で凝集させ、当該帯電顔料粒子の凝集体を含むインク液滴を飛翔させ、直径約 $1\mu\text{m}$ ～ $10\mu\text{m}$ の印刷ドットを形成することを特徴するプリンター装置。

【請求項3】帯電顔料粒子を含むインクが供給されるスリット内に設けられた複数の吐出電極と、前記複数の吐出電極に対向する対向電極と、前記複数の吐出電極と前記対向電極との間にパルス電界を形成するパルス電界印加手段とを備えたプリンター装置であって、前記パルス電界印加手段は、パルス電圧およびパルス幅を変化させて、印刷ドットの直径を変化させる制御手段を有し、

前記インクに含まれている帯電顔料粒子を前記各吐出電極の先端部で凝集させ、当該帯電顔料粒子の凝集体を含むインク液滴を飛翔させることを特徴するプリンター装置。

【請求項4】帯電顔料粒子を含むインクが供給されるスリット内に設けられた複数の吐出電極と、当該複数の吐出電極に対向する対向電極との間に電界を形成し、当該複数の吐出電極の先端からそれぞれ前記対向電極に向けてインク液滴を飛翔させるプリンター装置であって、前記各吐出電極の両側に、それぞれ、当該吐出電極の先端に向けて前記インクの流れをガイドする仕切り部材を備え、

前記インクに含まれている帯電顔料粒子を前記各吐出電極の先端部で凝集させ、当該帯電顔料粒子の凝集体を含むインク液滴を飛翔させることを特徴するプリンター装置。

【請求項5】帯電顔料粒子を含むインクが供給されるスリット内に設けられた複数の吐出電極と、当該複数の吐出電極に対向する対向電極との間に電界を形成し、当該複数の吐出電極の先端からそれぞれ前記対向電極に向けてインク液滴を飛翔させるプリンター装置であって、前記各吐出電極の先端は、前記電界が集中するように絞られていることを特徴とするプリンター装置。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、帯電顔料粒子を含むインクを電場で飛翔させるプリンター装置に関する。

【0002】

【従来の技術】インク液滴を吹き付けることによって記録媒体上に画素を形成するインクジェット記録装置のインク吐出方式として、(1)加熱素子でインクを加熱したときに生じる気泡の圧力でインクをノズルから吐出させる電気・熱変換方式、(2)電場によって分極させた絶縁インク溶媒、または、導電性インク溶媒を静電気で引く静電方式が知られている。電気・熱変換方式のインクジェット記録装置としては、特公昭56-9429号公報記載のインクジェット記録装置が知られており、静電方式のインクジェット記録装置としては、特開昭56-4467号公報記載のインクジェット記録装置、特開平8-174815号公報記載のインクジェット記録装置が知られている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】ところが、上記電気・熱変換方式のインクジェット記録装置は、インク吐出量が印加電圧に依存しないため、階調記録には不向きである。また、個々のノズルにそれぞれ加熱素子等を設ける必要があるため、ノズルの高密度化が困難である。また、解像度を上げるためにノズル孔径を小さくすると、インクの固化等による目詰まりでインクの吐出安定性が低下することがある。

【0004】一方、上記静電方式のインクジェット記録装置は、ノズルの先端付近の電場の変化にインク吐出量が敏感に反応するため、インク吐出量が不安定になりがちである。また、導電性インクを用いる場合には、ノズルからのインク吐出周波数を制限して、飛翔中のインク液滴間の相互作用を回避する必要があるため、記録速度が低下する。

【0005】そこで、本発明は、インクの吐出安定性に優れ、しかも高速に高精細・高階調記録をすることができるプリンター装置を提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため、本発明は、帯電顔料粒子を含むインクが供給されるスリット内に設けられた複数の吐出電極と、当該複数の吐出電極に対向する対向電極との間に電界を形成し、当該複数の吐出電極の先端からそれぞれ前記対向電極に向けてインク液滴を飛翔させるプリンター装置であって、前記インクに含まれている帯電顔料粒子を前記各吐出電極の先端部で凝集させ、当該帯電顔料粒子の凝集体を50体積%以上含むインク液滴を飛翔させることを特徴するプリンター装置を提供する。

【0007】さらに、本発明に係るプリンター装置は、(1)印刷ドットの直径が約 $1\mu\text{m}$ ～ $10\mu\text{m}$ であるこ

と、(2)各吐出電極と対向電極との間にパルス電界を印加するパルス電界印加手段を有し、さらにそのパルス電界印加手段が、パルス電圧およびパルス幅を変化させることによって印刷ドット直径を変化させる制御手段を有すること、(3)各吐出電極の両側に、それぞれ、インクの流れをガイドする仕切り部材を設け、その仕切り部材の先端(前記インク液滴が流出する先端)が絞られていること、(4)各吐出電極の先端に電界が集中するように、各吐出電極の先端が三角形に絞られており、その先端角が90度以下、好ましくは30度~70度であること、のうちの少なくとも1つの条件を満たすことにより、前記インクに含まれている帯電顔料粒子を前記吐出電極の先端部で凝集させ、当該帯電顔料粒子の凝集体を含むインク液滴を飛翔させる。

【0008】前記インクは、(1)前記帯電顔料として、単位質量当りの電荷量10~200mC/gかつ粒子半径0.1~5μmの電荷顔料を2~10vol%含有すること、(2)位質量当りの電荷量または粒子径が互いに異なる帯電顔料粒子を少なくとも2種類含有すること、のうちの少なくとも1つの条件を満たすことが望ましい。

【0009】

【発明の実施の形態】以下、添付の図面を参照しながら、本発明に係る実施の一形態について説明する。

【0010】まず、本実施の形態に係るインク飛翔原理について説明する。但し、ここでは、説明の便宜上、帯電顔料粒子を含むインクが蓄えられたオリフィス内に吐出電極11aが1本だけ配置された簡略化モデル(図8参照)を用いることとする。

【0011】概要は、図24に示すように、プリンター装置の吐出電極の先端からインク液滴を飛翔させることができる電場域には、インク液滴の飛翔形態の異なる3つの領域が存在することであり、その詳細は、以下の通りである。

【0012】パルス電圧発生装置13からのパルス電圧が吐出電極11aに印加されると、図9に示すように、吐出電極11a側から対向電極10側に向かう電場が発生する。ここでは、先端の鋭利な吐出電極11aを用いているため、その先端付近に最も強い電場が発生している。このような電場が発生すると、図10に示すように、インク溶媒中の個々の帯電顔料粒子1aは、それぞれ、この電場から及ぼされる力 $f_e$ によってインク液面に向かって移動する。これにより、インク液面付近の顔料濃度が濃縮される。そして、図11に示すように、インク液面付近に複数の帯電顔料粒子1aが、電極の反対側によせられて凝集しはじめる。そして、インク液面付近に顔料凝集体1が球状に成長しはじめると、個々の帯電顔料粒子1aには、それぞれ、この顔料凝集体1からの静電反発力 $f_{e0}$ が作用しはじめる。すなわち、個々

の帯電顔料粒子1aには、それぞれ、顔料凝集体1からの静電反発力 $f_{e0}$ と、パルス電圧による電場Eからの力 $f_e$ との合力 $f_{e0e}$ が作用する。したがって、帯電顔料粒子間の静電反発力が互いの凝集力を超えない範囲内においては、顔料凝集体1に向けた合力 $f_{e0e}$ が作用する帯電顔料粒子1a(吐出電極11aの先端と顔料凝集体1の中心とを結ぶ直線上にある帯電顔料粒子1a)に電界から及ぼされる力 $f_e$ が、顔料凝集体1からの静電反発力 $f_{e0}$ を上回れば( $f_e \geq f_{e0}$ )、顔料凝集体1aは顔料凝集体1に成長する。このことより、以下のようにして、インク液面付近に形成される球状の顔料凝集体1の半径 $R_{e0e}$ を算出することができる。

【0013】顔料凝集体1の形状を完全な球と仮定すると、n個の帯電顔料粒子1aによって形成される球状の顔料凝集体1の体積と、帯電顔料粒子1個あたりの体積との間には、次式(1)で表される関係がある。

【0014】

【数1】

数1

$$\alpha \frac{4\pi}{3} R^3 = n \frac{4\pi}{3} r^3 \quad \dots(1)$$

【0015】ここで、 $\alpha$ は、顔料凝集体1の体積に対するn個の帯電顔料粒子1aの体積の割合(充填率)である(以下の数式において同じ)。一定容積内に任意形状の物を詰め込んだ場合の充填率は50%~90%であるから、本実施の形態に係るインク飛翔原理によって吐出電極から飛翔するインク液滴の充填率も50%~90%となる。例えば面心立方結晶構造(FCC)の場合の充填率 $\alpha$ は74%である。

【0016】また、n個の帯電顔料粒子1aによって形成されている顔料凝集体1の電荷によって、この顔料凝集体1の中心から距離Sの位置に生じる電場 $E_{e0}$ は、次式(2)によって表される。

【0017】

【数2】

数2

$$E_{con} = \frac{1}{4\pi\epsilon} \frac{nq}{S^2} \quad \dots(2)$$

【0018】ここで、 $\pi$ は、円周率であり、 $\epsilon$ は、インク溶媒の誘電率であり、qは、次式(3)により表される帯電顔料粒子1個あたりの帯電電である(以下の数式において同じ)。

【0019】

【数3】

10

20

30

40

5  
数3

6

$$q = \frac{Q\rho}{\frac{4}{3}\pi r^3} = \frac{4}{3}\pi Q\rho r^3 \quad (\mu C) \quad \dots(3)$$

【0020】ここで、Qは、帯電顔料粒子1aの単位質量当りの電荷量であり、 $\rho$ は、帯電顔料粒子1aの密度であり、rは、帯電顔料粒子1aの半径である(以下の数式において同じ)。

【0021】そして、顔料凝集体1が成長するためには、その顔料凝集体1に帯電顔料粒子1aが接触したときに、パルス電圧による電場Eから帯電顔料粒子1aが\*

\* 受ける力 $f_e$ が、顔料凝集体1と帯電顔料粒子1aとの間に働く静電反発力 $f_{con}$ 以上になっていなければならない。すなわち、顔料凝集体1の成長開始条件は、顔料凝集体1に帯電顔料粒子1aが接触したときに、次式(4)を満たすことである。

【0022】

【数4】

$$f_{con} - f_E = qE_{con} - qE = q(E_{con} - E) = 0 \quad \dots(4)$$

【0023】ここで、接触状態における帯電顔料粒子1aと顔料凝集体1との距離Sが、顔料凝集体1の半径 $R_{con}$ に等しいと考えれば、数式(1)、数式(2)、数式(3)および数式(4)から、顔料凝集体1の半径 $R_{con}$ を表す次式(5)を導出することができる。

【0024】

【数5】

数5

$$R_{con} = 4\pi\epsilon \frac{3}{4\pi} \frac{E}{Q\rho\alpha} \quad \dots(5)$$

【0025】この数式(5)を参照すれば、インク液面付近に形成される顔料凝集体1の半径 $R_{con}$ が、パルス電圧によって発生する電場Eに比例することが判る。例えば、数式(3)のパラメータ $\epsilon$ 、Q、 $\rho$ 、 $\alpha$ に以下の代表的データを代入して、それによって得られた $R_{con}$ とEとの関係をグラフ化(図12)すれば、このことは視覚的にも確認することができる。

【0026】Q: 10( $\mu C/g$ )及び40( $\mu C/g$ ) \*  
数7

$$F_E = nqE = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot Q \cdot \rho \cdot E \cdot \alpha \cdot R^3 \quad \dots(7)$$

【0029】ここで、Eは、パルス電圧によって顔料凝集体1の中心に生じる電場であり、 $\nu$ は、インク溶媒の表面張力である(以下の数式において同じ)。

【0030】静電反発力 $F_e$ と拘束力 $F_{con}$ とが釣り合うと、顔料凝集体1は、インク液面100aからやや突出した状態で安定する。このときの凝集凝集体1の半径は、図14に示した $R_{esc}$ であり、数式(6)および数式(7)から次式(8)のように導出される。

【0031】

\*  $\rho$ : 1.4( $g/cm^3$ )

$\alpha$ : 0.7

20  $1/(4 \cdot \pi \cdot \epsilon)$ :  $8.98774 \times 10^9 (C^{-2} \cdot N \cdot m^2)$   
ところで、n個の帯電顔料粒子1aから形成された顔料凝集体1は、図13に示すように、パルス電圧による電場Eから静電反発力 $F_e$ を受ける一方で、インク溶媒100から拘束力 $F_{con}$ を受けている。パルス電圧による電場Eからの静電反発力 $F_e$ は、顔料凝集体1の半径Rの三次関数(7)で表され、インク溶媒100からの拘束力 $F_{con}$ は、顔料凝集体1の半径Rの一次関数(6)で表される。なお、それぞれのグラフを図14に示しておく。

【0027】

【数6】

数6

$$F_{esc} = 2\pi R\nu \quad \dots(6)$$

【0028】

【数7】

【数8】

数8

$$R_{esc} = \sqrt{\frac{3\nu}{2\alpha Q\rho E}} \quad \dots(8)$$

【0032】さらに顔料凝集体1が成長し、静電反発力 $F_e$ が拘束力 $F_{con}$ を上回ると、図15に示すように、顔料凝集体1は、インク液面100aから脱出する。すな

50

わち、顔料凝集体1は、数式(8)により表される半径 $R_{...}$ (以下、これを脱出半径 $R_{...}$ と呼ぶ)以上に成長するとインク溶媒100から飛翔する。この数式(8)を参照すれば、顔料凝集体1の脱出半径 $R_{...}$ が、パルス電圧によって発生する電場 $E$ の平方根 $\sqrt{E}$ に反比例することが判る。例えば、数式(8)のパラメータ $\nu, \alpha, Q, \rho$ に以下の代表的データを代入し、それによって得られた $R_{...}$ と $E$ との関係をグラフ化(図16)すれば、このことは視覚的にも確認することができる。

【0033】 $\nu: 20 \text{ dyn/cm}$

$\alpha: 0.7$

$Q: 10 (\mu\text{C/g})$  及び  $40 (\mu\text{C/g})$

$\rho: 1.4 (\text{g/cm}^3)$

以上の結果より、吐出電極11aの先端から顔料凝集体\*  
数9

$$E_c = \left( \frac{1}{4\pi\epsilon} \frac{4}{3}\pi \right)^{\frac{2}{3}} \left( \frac{3}{2} \nu Q \rho \alpha \right)^{\frac{1}{3}} \quad \dots(9)$$

【0035】そして、吐出電極11aの先端に第一閾値電場 $E_c$ を印加し続けると、図18に示すように、吐出電極11aの先端から顔料凝集体1が適当な周期(c)~(f)で繰り返し飛翔する。なお、図18に示した現象は、後述のコヒージョン域(図24の220)の下部で生じる。

【0036】吐出電極11aの先端の電場をさらに強めると、帯電顔料粒子1aの凝集力および凝集速度が高まると共に顔料凝集体1の脱出半径 $R_{...}$ が小さくなるため、図19に示すように、より小径な顔料凝集体1がより短周期(c)~(e)に繰り返し飛翔するようになる。なお、図19に示した現象は、後述のコヒージョン域(図24の220)の上部で生じる。

【0037】そして、吐出電極11aの先端の電場が第一閾値電場 $E_c$ の約1.5倍を超えると、帯電顔料粒子1aの凝集力および凝集速度がかなり大きくなり、図11に示した球状の顔料凝集体1と共に、図20に示すような吐出電極11a側に尾を引いた半球状もしくは肉厚シェル状の顔料凝集体190が成長しはじめる。このような半球状または肉厚シェル状の顔料凝集体190を吐出電極11aの先端から飛翔させるための最小電場(以下、第二閾値電場 $E_c'$ と呼ぶ)は、顔料凝集体190の形状を半球と仮定すれば、第一閾値閾値電場 $E_c$ と同様な計算手順に従って導出することができる。例えば、図17のグラフを作成するために用いたパラメータ値( $\nu: 20 \text{ dyn/cm}$ ,  $\alpha: 0.7$ ,  $Q: \mu\text{C/g}$ ,  $\rho: 1.4 \text{ g/cm}^3$ )と同じパラメータ値を用いて、顔料凝集体190の半径 $R'_{...}$ および脱出半径 $R'_{...}$ を電場 $E$ で表した数式をそれぞれ算出すれば、図21に示すように、これら2つの数式が表すグラフの交点として第

\*1を飛翔させるには、吐出電極11aの先端付近に所定強度を超える電場を印加しなければならないことがわかる。すなわち、図12および図16に示した特性のうち、単位質量当りの電荷量 $40 \mu\text{C/g}$ の帯電顔料粒子1aについてのものを1つのグラフにまとめると、図17に示すように、吐出電極11aの先端付近に少なくとも電場 $E_c$ (以下、第一閾値電場 $E_c$ と呼ぶ)が印加されれば、顔料凝集体1の半径 $R_{...}$ が脱出半径 $R_{...}$ を超え、吐出電極11aの先端から顔料凝集体1が飛翔しはじめることがわかる。この第一閾値電場 $E_c$ は、数式(5)および数式(8)において $R_{...} = R_{...}$ とおくことによって、次式(9)のように導出される。

【0034】

【数9】

二閾値電場 $E_c'$ を導出することができる。なお、図21において、半球の顔料凝集体190の半径 $R'_{...}$ および脱出半径 $R'_{...}$ のグラフが、球の顔料凝集体1の半径 $R_{...}$ および脱出半径 $R_{...}$ のグラフ(図17)よりも右上側にシフトしているのは、半球の体積の顔料凝集体190が、これと同一径の球の顔料凝集体の体積の $1/2$ しかないためである。

【0038】そして、吐出電極11aの先端の電場がこの第二閾値電場 $E_c'$ よりもさらに強くなると、図23に示すように、半球状または肉厚シェル状の顔料凝集体190だけが短周期に繰り返し成長・飛翔するようになる。なお、図23に示した現象は、後述のコヒージョン・コンデンセーション共存域(図24の221)で下部で生じる。

【0039】さて、図20に示した半球状もしくは肉厚シェル状の凝集顔料体190が飛翔するとき、図22に示すように、凝集顔料体190が背面側でインク溶媒100を巻き込むため、インク液面付近で濃縮されたインク溶媒100が、凝集顔料体190の背面側に糸状に曳かれて飛翔する。なお、図22に示した現象は、後述のコヒージョン・コンデンセーション共存域(図24の221)の上部で生じる。

【0040】図11に示した球状の顔料凝集体1は、その背面側が球状であるためインク溶媒を巻き込みにくく、このような曳糸現象を起こさない。したがって、吐出電極11aの先端に第二閾値電場 $E_c'$ 以上の電場を印加すれば、より大きな画素を記録媒体上に記録することができる。また、記録媒体上にインク溶媒100も付着し、その表面張力によって顔料の塵ばみが防止されるため、より高精細な記録をすることができる。なお、この

ようにインク溶媒100が切断されず連続的に飛翔するのは、インク溶媒100を切断しようとする表面張力 $\gamma$ による圧力 $P$ が、インク溶媒100内部に含まれている帯電顔料粒子1a間の静電反発力によって相殺されるためである。インク溶媒100の表面張力 $\gamma$ による圧力 $P$ は、次式(10)により表される。

【0041】

【数10】

数10

$$P = \frac{\gamma}{r_1} \quad \dots(10)$$

【0042】ここで、 $r_1$ は、インク溶媒100の端部の半径である。

【0043】以上説明したインク飛翔原理をまとめると、以下の通りである。

【0044】吐出電極11aの先端からインク液滴を飛翔させることができる電場域は、図24に示すように、以下の3つに大別することができる。

【0045】1つは、第一閾値電場 $E_1$ から第二飛翔電場 $E_2$ までのコヒージョン域220であり、この電場域内では、インク液滴として、図11に示した球状の顔料凝集体1だけが飛翔する。また、インク吐出周期は比較的長い、吐出電極11aの先端から余分な帯電顔料粒子が飛翔しないため、微細な画素を記録媒体上に形成することができる。このようなコヒージョン域220は高精細記録に適している。

【0046】残りの2つは、第二飛翔電場 $E_2$ 以上の電場域に属している。そのうちの1つは、図20に示した半球状または肉厚シェル状の顔料凝集体190だけが飛翔するコンデンセーション域222であり、もう1つは、コヒージョン域220からコンデンセーション域222に遷移するまでのコヒージョン・コンデンセーション共存域221である。コンデンセーション領域222では、吐出電極11aの先端から、半球状または肉厚シェル状の顔料凝集体190と共に、帯電顔料粒子を含むインク溶媒も飛翔するため、コヒージョン域220よりも大きな画素を高速に記録することができる。このようなコンデンセーション領域222はベタ塗り記録に適している。

【0047】そこで、本実施の形態では、ここで示した3つの電場域のうちの2つ、すなわち、コヒージョン域220およびコンデンセーション域222を利用することによって、プリンター装置に3種類の記録モード(コヒージョン域220を利用するコヒージョンモード、コンデンセーション域222を利用するコンデンセーションモード)を持たせることとした。以下、そのプリンター装置の全体構成について説明する。但し、ここでは、説明の便宜上、ライン型のモノクロプリンターを例に挙

げる。

【0048】本プリンター装置の筐体内部には、図1に示すように、低誘電体材料(アクリル樹脂、セラミックス等)で形成されたライン型記録ヘッド11、記録ヘッド11のインク吐出口に対向するように配置された金属または高誘電体製の対向電極10、非導電性のインク媒体に帯電顔料粒子を分散させたインクを蓄えておくためのインクタンク12、インクタンク12と記録ヘッド11との間でインクを循環させるインク循環系、記録画像の1画素を形成するインク液滴を引くためのパルス電圧を各吐出電極11aにそれぞれ印加するパルス電圧発生装置13、画像データに応じてパルス電圧発生装置13を制御する駆動回路(不図示)、記録ヘッド11と対向電極10との間に設けられた間隙に記録媒体Aを通過させる記録媒体搬送機構(不図示)、装置全体を制御するコントローラ(不図示)等が収容されている。

【0049】さて、インク循環系は、記録ヘッド11とインクタンク12との間をつなぐ2本のパイプ15a、15b、コントローラの制御によって駆動される2台のポンプ14a、14bによって構成されている。そして、記録ヘッド11にインクを供給するためのインク供給系と、記録ヘッド11からインクを回収するためのインク回収系とに分けられている。インク供給系では、インクタンク12内からインクがポンプ14aで吸い上げられ、それがパイプ15aを介して記録ヘッド11のインク供給部(図2および図3の20a)へと圧送される。一方、インク回収系では、記録ヘッド11のインク回収部(図2および図3の20b)からインクがポンプ15bで吸引され、それがパイプ15bを介してインクタンク12へと強制的に回収される。

【0050】そして、記録ヘッド11には、図2および図3に示すように、インク供給系のパイプ15aから送り込まれたインクをライン幅に広げるインク供給部20a、インク供給部20aからのインクを山形に導くインク流路21、インク流路21とインク回収系のパイプ15bとをつなぐインク回収部20b、インク流路21の頂上部を対向電極10側に開放する適当な幅(約0.2mm)のスリット状インク吐出口22、所定のピッチ(約0.2mm)でインク吐出口22内に配列された複数の吐出電極11a、各吐出電極11aの両側および上面にそれぞれ配置された低誘電体製(例えば、セラミック製の仕切り壁23が設けられている。各吐出電極11aは、それぞれ、銅、ニッケル等の金属で形成され、その表面には、濡れ性のよい顔料付着防止用低誘電体膜(例えば、ポリイミド膜)が形成されている。また、各吐出電極11aの先端は、三角錐形状に成形されており、それぞれが適当な長さ(70 $\mu$ m~80 $\mu$ m)だけインク吐出口22から対向電極10側に向かって突き出している。

【0051】そして、駆動回路が、コントローラの制御に応じて、2種類の制御信号(第一制御信号、第二制御

信号)のうちの何れかを、画像データに含まれている階調データに応じた時間だけパルス電圧発生回路13に与えると、パルス電圧発生回路13は、その制御信号の種類に応じたパルスストップのパルス $V_s$ をバイアス電圧 $V_b$ にのせた高電圧信号、すなわち、図5(a)に示すようなコンデンセーション域の電場を発生させる最小電位 $V''$ を超えるパルスストップのパルス $V_s$ がのせた高電圧信号、または、図5(b)に示すようなコヒージョン域の電場を発生させる最小電位 $V$ を超えるパルスストップのパルス $V_s$ がのせた高電圧信号を吐出電極11aに印加する。なお、パルス電圧発生回路13は、互いに異なる電位を発生する2つのパルス電源、駆動回路からの制御信号に応じて2つの電位をスイッチングするスイッチング回路、スイッチング回路にバイアス電圧 $V_b$ を印加するバイアス電源等から構成されており、駆動回路からパルス電圧発生回路13に第一制御信号が入力された場合には、その入力中、スイッチング回路が、第一パルス電源からの電位をバイアス電圧 $V_b$ に重畳して出力し、駆動回路からパルス電圧発生回路13に第二制御信号が入力された場合には、その入力中、スイッチング回路が、第二パルス電源からの電位をバイアス電圧 $V_b$ に重畳して出力するようになっている。

【0052】そして、コントローラは、画像データが転送されてくると、インク循環系の2台のポンプ14a、14bを駆動する。これにより、インク供給部20aからインクが圧送されると共にインク回収部20bが負圧となり、図4に示すように、インク流路を流れているインクが、各仕切り壁23の隙間を毛細管現象で這い上がり、各吐出電極11aの先端にまで濡れ広がる。このとき各吐出電極11aの先端付近のインク液面には負圧がかかっているため、各吐出電極11aの先端には、それぞれ、インクメニスカスが形成される。さらに、コントローラは、記録媒体搬送機構を制御することによって、所定の方向に記録媒体Aを送ると共に、駆動回路を制御することによって、吐出電極11aとの間に前述の2種類の高電圧信号のうちの何れかを印加する。これにより、コヒージョンモードまたはコンデンセーションモードの何れかのモードで画像記録が行われる。

【0053】なお、図1に示した構成は、本実施の形態に係るインク飛翔原理を利用するプリンター装置としての必要最小限のものである。したがって、他の構成をさらに付加して構わない。例えば、図6(b)に示すように、各吐出電極11aの両側にそれぞれ補助電極60を設け、各吐出電極11a間の電氣的相互作用を相殺するような高低電位をこれらの補助電極60にかけるようにすれば、互いに隣接する吐出電極11aに同時に高電圧信号が印加された場合、画素濃度を高くするためにパルスストップ電位を高くした場合等の不都合(例えば、インク液滴を飛翔させるべきでない他の吐出電極11aの先端からもインク液滴が飛翔してしまう等)を回避するこ

とができる。このような補助電極60は、各吐出電極11aの両側に設けられた仕切り壁23を積層体とし、その中間層として配置することができる。

【0054】また、図1においては、1枚の対向電極10をアースに接続しているだけであるが、図6(a)に示すように、金属または高誘電体製の対向電極61を各吐出電極11a毎にそれぞれ設け、対向電極61の電位と吐出電極11aの電位を同期制御するようすれば、インク液滴の飛翔を促進することができる。また、図7に示すように、各対向電極61に印加すべきパルス電圧のパルス幅を、飛翔中のインク液滴が記録媒体上に到達するまでの時間を加味して定めれば、インク液滴の飛び散りを防止することができる。

【0055】また、本実施の形態では、互いにパルスストップ電位が異なる2種類のパルスをバイアス電圧に重畳させているが、パルスストップ電位をより細かく制御するようになれば、より高階調な記録を実現することができる。さらにパルス幅変調を行えば、より高階調な記録を実現できることは言うまでもない。

【0056】最後に、本実施の形態に係るプリンター装置への使用に適したインクについて説明する。

【0057】前述の第一閾値電場 $E_c$ は、インク液面付近で球状顔料凝集体1および半球状顔料凝集体190を脱出半径まで成長させるための必要最小限の電場であるため、この程度の電場を吐出電極11aの先端に印加しただけでは、図18に示すように顔料凝集体1が脱出半径まで成長する時間が長く、吐出電極11aの先端からのインク吐出周期が10秒以上となり、充分な記録速度を得ることができない。充分な記録速度を得るには、吐出電極11aの先端の電場を第一閾値電場 $E_c$ よりもさらに強め(第一閾値電場 $E_c$ の1.2倍~1.5倍程度)、帯電顔料粒子1aの凝集力および凝集速度を高めることによって、図19に示すように吐出電極11aの先端からの顔料凝集体1の飛翔頻度を増加させる必要がある。ところが、吐出電極11aの先端の電場を強くするには高価なパワー半導体等が必要となるため、吐出電極11aの先端の電場にはコスト面からの上限がある。このように限られた範囲の電場で充分な記録速度を得るには、できるだけ第一閾値電場 $E_c$ を抑制すればよい。

【0058】そこで、数式(9)を検討すると、第一閾値電場 $E_c$ が、インク溶媒の表面張力 $\gamma$ の三乗根 $\sqrt[3]{\gamma}$ に比例すること、すなわち、インク溶媒の表面張力 $\gamma$ を抑制すれば、それに応じて第一閾値電場 $E_c$ が抑制されることが判る。このことから、インク溶媒の表面張力 $\gamma$ を低下させる界面活性剤の添加が、第一閾値電場 $E_c$ の抑制に有効であることが導き出せる。例えば、物性的にはインク媒体に適しているとされる有機溶剤の表面張力は、フッ素系界面活性剤の添加により13~14dyn/cmまで抑制される。また、環境的な面からインク媒体への使用が望まれる水(但し、本実施の形態の場合には、

非導電性を確保するため純水)の表面張力は、 $25^{\circ}\text{C}$ において $72.5\text{ dyn/cm}$ であるが、非イオン性界面活性剤の添加により $20\text{ dyn/cm}$ まで抑制される。なお、界面活性剤の添加は、インクの適当な粘度を確保する上でも有用である。

【0059】さらに数式(9)を検討すると、第一閾値電場 $E_c$ は、帯電顔料粒子1aの単位質量当たりの電荷量 $Q$ の三乗根 $\sqrt[3]{Q}$ に比例すること、すなわち、帯電顔料粒子1aの単位質量当たりの電荷量 $Q$ を抑制すれば、それに応じて第一閾値電場 $E_c$ が抑制されることが判る。例えば、数式(9)のパラメータ数式 $\nu, \alpha, \rho$ に前述の代表的データを代入して、それによって得られた $Q$ と $E_c$ との関係をグラフ化(図25)すれば、このことは視覚的に確認することができる。充分な記録速度を得るためには、吐出電極11aの先端に第一閾値電場 $E_c$ の1.2倍～1.5倍程度の電場を印加する必要があることを考慮すれば、吐出電極11aの先端が最適形状(三角錐形状)である場合にパワー半導体を使用しないですむのは、図25において、第一閾値電場 $E_c$ が約 $20\text{ MV/m}$ 以下の場合、すなわち、インク中の帯電顔料粒子1aの単位質量当たりの電荷量 $Q$ が $200\text{ }\mu\text{C/g}$ 以下の場合である。これを超えれば、吐出電極11aに最低でも $6\text{ kV} \sim 12\text{ kV}$ 程度の電位の印加が必要となり、パワー半導体を使用せざるを得なくなる。したがって、低コストで充分な記録速度を得るには、インク中の帯電顔料粒子1aの単位質量当たりの電荷量 $Q$ を約 $200\text{ }\mu\text{C/g}$ 以下にする必要がある。しかし、帯電顔料粒子1aの単位質量当たりの電荷量を抑制しすぎると、帯電顔料粒子1a相互の静電反発力が小さすぎて、(1)インクタンクやインク流路等で帯電顔料粒子1aが凝集し、一定濃度のインクが循環しなくなる、(2)インク流路等で目詰りを起こし、インク吐出安定性が低下する、(3)帯電顔料粒子1aの応答速度が低下し、記録速度が低下する等の不具合が生じる。とくに帯電顔料粒子1aの単位質量当たりの電荷量 $Q$ が $10\text{ }\mu\text{C/g}$ よりも小さくなると、このような不具合が生じやすくなる。そこで、低コストで充分な記録速度の確保および上記不具合(1)(2)(3)の発生回避の双方を達成できる範囲、すなわち、 $10\text{ }\mu\text{C/g}$ 以上 $200\text{ }\mu\text{C/g}$ 以下の範囲で、インクに分散させる帯電顔料粒子1aの単位質量当たり電荷量 $Q$ を定める必要がある。

【0060】また、インク中の帯電顔料粒子1aの半径 $r$ が小さくなれば、電荷顔料粒子1個当たりの電荷量が小さくなり、帯電顔料粒子相互の静電反発力が小さくなるため、帯電顔料粒子1aの単位質量当たりの電荷量 $Q$ が小さすぎる場合と同様な不具合(1)(2)(3)が生じることがある。とくに帯電顔料粒子1aの半径 $r$ が $0.1\text{ }\mu\text{m}$ よりも小さくなると、そのような不具合が生じる可能性が高くなる。その反対に帯電顔料粒子1aの半径 $r$ が大きすぎると、インク溶媒から受ける抵抗が大きくな

り、インク溶媒中における帯電顔料粒子1aの移動速度が低下するため、記録速度が低下する。とくに帯電顔料粒子1aの半径 $r$ が $5\text{ }\mu\text{m}$ よりも大きくなると、記録速度の低下が顕著となる。そこで、記録速度の低下防止および上記不具合(1)(2)(3)の発生回避の双方を達成できる範囲、すなわち、 $0.1\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $5\text{ }\mu\text{m}$ 以下の範囲で、インクに分散させる帯電顔料粒子1aの半径 $r$ を定める必要がある。

【0061】なお、帯電顔料粒子間の静電反発力が小さいために起こる上記不具合(1)(2)(3)をより効果的に防止するには、画素形成に寄与する上記帯電顔料粒子1aのほか、インク流路等への帯電顔料粒子1aの付着・凝集を防止する1種類または2種類以上の帯電顔料粒子、例えば、帯電顔料粒子1aよりも電荷量大きい帯電顔料粒子、または、帯電顔料粒子1aよりも粒子径が大きい帯電顔料粒子を50vol%未満分散させればよい。

【0062】また、インク中の帯電顔料粒子の割合は、約2%～10%であることが望ましい。ここで、インク中の帯電顔料粒子の割合を10vol%以下としているのは、インク中の帯電顔料粒子の割合がこの値を超えると粘度が過剰に大きくなって応答速度が遅くなるためである。一方、インク中の帯電顔料粒子の割合を約2vol%以上としたのは、インク中の帯電顔料粒子の割合を約2vol%以上とすれば、以下に示すように約1～10KHz程度の応答周波数を実現することができるからである。図26に示すように、帯電顔料粒子1aを非導電性インク溶媒に2vol%未満分散させたインクが2枚の電極板260a, 260b間に封入された状態で、1kVの電源261のON・OFFを繰り返すと、それぞれの帯電顔料粒子1aは、静止したインク溶媒100中でせいぜい $0.1 \sim 2\text{ mm/sec}$ 程度で電気泳動する。この程度の運動速度では、約1～10KHz程度の応答周波数を実現することはできない。ところが、インク中の帯電顔料粒子1aの割合を約2vol%以上とした場合には、インク中に生じた顔料濃度差によってインク溶媒100に複数の渦が発生し、帯電顔料粒子1aは、この渦の流れによって、約1～10KHz程度の応答周波数を実現可能な程度に高速移動するようになる。例えば、単位質量あたりの電荷量 $40\text{ }\mu\text{C/g}$ 、密度 $1.4\text{ g/cm}^3$ 、半径 $0.25\text{ }\mu\text{m}$ の高分子帯電顔料粒子を有機溶剤に4%分散させたインクの場合、当初、インク溶媒中における帯電顔料粒子1aの分布は、図27に示すように一様であるが、1kVの電圧が印加されると、その電位差を打ち消すべく、図28に示すように変化する。この変化過程において、帯電顔料粒子1aは、以下のように移動する。インク溶媒中における帯電顔料粒子の分布には、ある程度のバラツキがある。ここに強電場が印加されると、顔料濃度の大きいと小さいとの外力差によってインク溶媒に渦が発生する。



【0063】なお、本実施の形態に係るプリンター装置に使用するインクは、以上挙げた条件の全てを満たすように調整されているものであることが望ましいが、そのうちの少なくとも1つを満たすように調整されているものであっても構わない。

【0064】また、図2において、各仕切り壁23の先端を鋭利な三角形状とすると共に、吐出電極11aの両側の仕切り壁23の間隔を、先端にいくにしたがって徐々に絞ってゆくことによって、吐出電極11aの先端にインク液滴が集中するようにすることができる。このよう10なものについて、20チャンネルのものを得た。さらに、仕切り壁23の先端を平坦にしたものについて、いずれも、20チャンネルのものを得た。実際には、記録媒体の幅に応じて、100～数千チャンネルにも形成する。本実施の形態においては、仕切り壁23で形成される出口のスリット幅は、 $5\mu\text{m}$ ～ $30\mu\text{m}$ と変えることができ、仕切り壁23の全幅は、 $30\mu\text{m}$ ～ $100\mu\text{m}$ と変えることができる。各吐出電極11aの先端は三角形状を有し、その先端角は約60度である。また、各吐出電極11aは、Cu、Ag、Au等の薄膜(膜厚約 $20\mu\text{m}$ )20であり、仕切り壁23は、ポリイミドであり、基板は、ガラス基板である。図29および図30は、仕切り壁23の先端部を三角形状にしたプリンター装置によって印刷した黒インクの印刷ドットの拡大図である。図29は、パルス幅を $1.0\text{ms}$ とした場合の印刷ドットの拡大図であり、図30は、パルス電圧を $1.8\text{V}$ とした場合の印刷ドットの拡大図である。なお、インクは、帯電量 $40\mu\text{C/g}$ 、顔料粒子径約 $0.5\mu\text{m}$ 、溶剤イソパーGであり、バイアス電圧は $1.0\text{ms}$ 、対向電極間隔は $1.0\text{mm}$ である。

【0065】これらの図に示すように、パルス電圧およびパルス幅を変えることによって、印刷ドットの径を大きくしたり、小さくしたりすることができる。さらに、連続した塗りつぶし印刷をすることもできる。特に、本実施の形態では、印刷ドットの大部分を $3\mu\text{m}$ ～ $5\mu\text{m}$ 程度にまで小さくすることができ、極めて鮮明な記録画像を得ることができた。これにより、印刷ドットは、 $10\mu\text{m}$ 以下の細かい粒子の集まりによって形成され、より鮮明な印刷が可能となる。

#### 【0066】

【発明の効果】本発明によれば、インク吐出安定性が高く、しかも高速に高精細・高階調記録をすることができるプリンター装置を実現することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の一形態に係るプリンター装置の概略構成図である。

【図2】本発明の実施の一形態に係る記録ヘッドの斜視図である。

【図3】本発明の実施の一形態に係る記録ヘッドおよびインク循環系の断面図である。

【図4】本発明の実施の一形態に係る記録ヘッドの吐出電極先端部の部分図である。

【図5】本発明の実施の一形態に係る記録ヘッドの吐出電極に印加される電圧波形図である。

【図6】(a)は、本発明の実施の一形態に係る対向電極の概略構成図であり、(b)は、本発明の実施の一形態に係る記録ヘッドの電極配置図である。

【図7】(a)は、本発明の実施の一形態に係る記録ヘッドの吐出電極に印加される電圧波形図であり、(b)は、本発明の実施の一形態に係る対向電極に印加される電圧波形図である。

【図8】記録ヘッド部を簡略化したモデル図である。

【図9】図8の吐出電極の先端付近の2次元電場解析図である。

【図10】図8の吐出電極の先端付近の拡大図である。

【図11】インク液面付近で成長した球状帯電顔料粒子が受ける力を説明するための図である。

【図12】図8の吐出電極の先端の電場と、球状顔料凝集体の半径との関係を示した図である。

【図13】図8の吐出電極の先端付近の拡大図である。  
【図14】球状顔料凝集体が受ける力と、その半径との関係を示した図である。

【図15】球状顔料凝集体の飛翔過程を示した図である。

【図16】図8の吐出電極の先端の電場と、球状顔料凝集体の脱出半径との関係を示した図である。

【図17】球状顔料凝集体の飛翔開始点である第一閾値電場を説明するための図である。

【図18】球状顔料凝集体の周期的飛翔過程を示した図である。

【図19】球状顔料凝集体の周期的飛翔過程を示した図である。

【図20】図8の吐出電極の先端付近の拡大図である。

【図21】半球状顔料凝集体の飛翔開始点である第二閾値電場を説明するための図である。

【図22】半球状顔料凝集体の飛翔過程を示した図である。

【図23】半球状顔料凝集体の周期的飛翔過程を示した図である。

【図24】吐出電極の先端の電場を、顔料凝集体の飛翔形態により分類した図である。

【図25】単位質量あたりの帯電顔料粒子の電荷と、第一閾値電場との関係を示した図である。

【図26】インク流路内における帯電顔料粒子の運動を説明するためのモデル図である。

【図27】インク流路内における帯電顔料粒子の運動を説明するためのモデル図である。

【図28】インク流路内における帯電顔料粒子の運動を説明するためのモデル図である。

【図29】パルス幅 $1.0\text{ms}$ で印刷した印刷ドットの

拡大図である。

【図 30】 パルス電圧 1.8 V で印刷した印刷ドットの拡大図である。

【符号の説明】

1…顔料凝集体

1 a…帯電顔料粒子

1 0…対向電極

1 1…記録ヘッド

1 1 a…吐出電極

1 2…インクタンク

1 3…パルス電圧発生装置

\* 1 4 a, 1 4 b…ポンプ

1 5 a, 1 5 b…パイプ

2 0 a…インク供給部

2 0 b…インク回収部

2 1…インク流路

2 2…スリット状インク吐出口

2 3…仕切り壁

6 0…補助電極

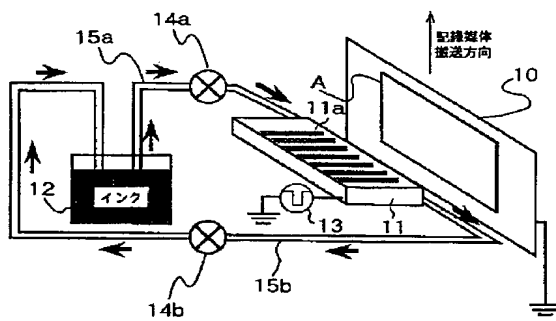
6 1…対向電極

10 1 0 0…インク媒体

\*

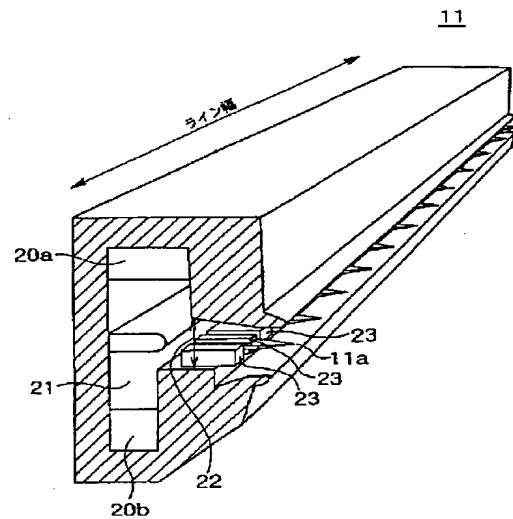
【図 1】

図 1



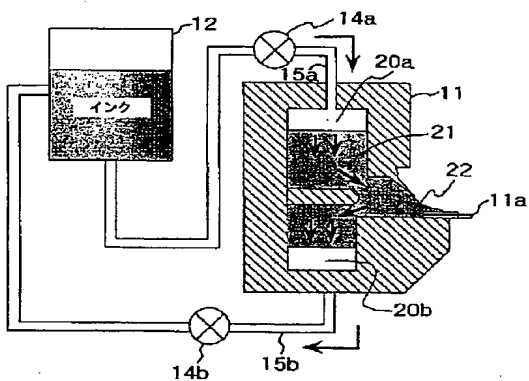
【図 2】

図 2



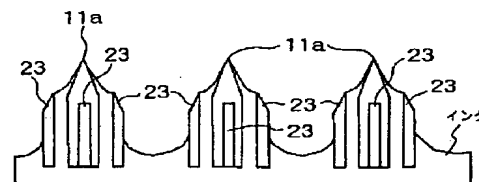
【図 3】

図 3



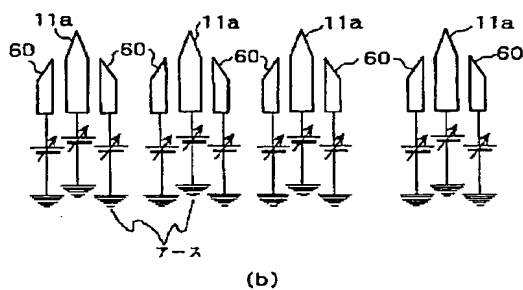
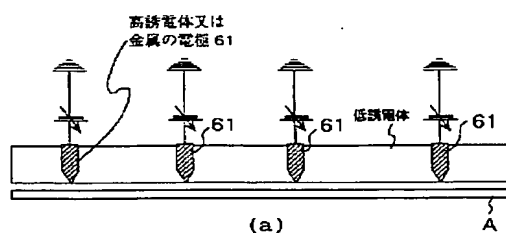
【図 4】

図 4



【図6】

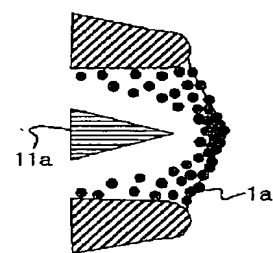
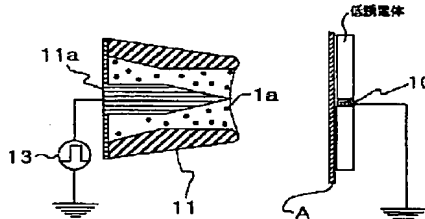
图6



【图 10】

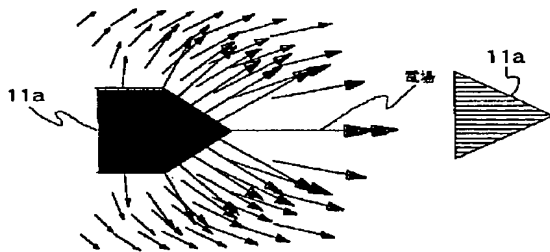
10

【图8】



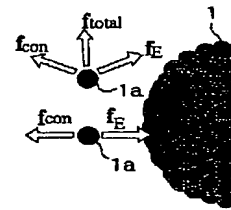
【図9】

図9



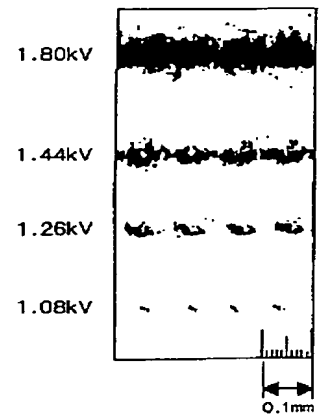
【図11】

図11



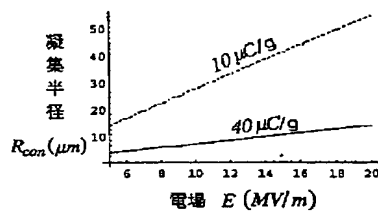
【図29】

図29



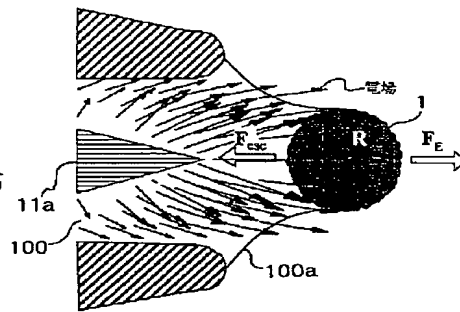
【図12】

図12



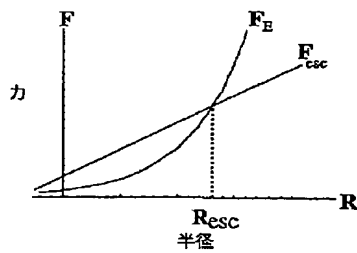
【図13】

図13



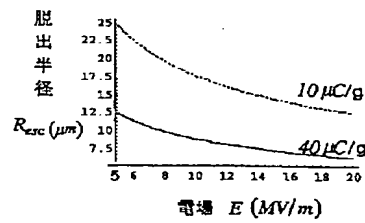
【図14】

図14



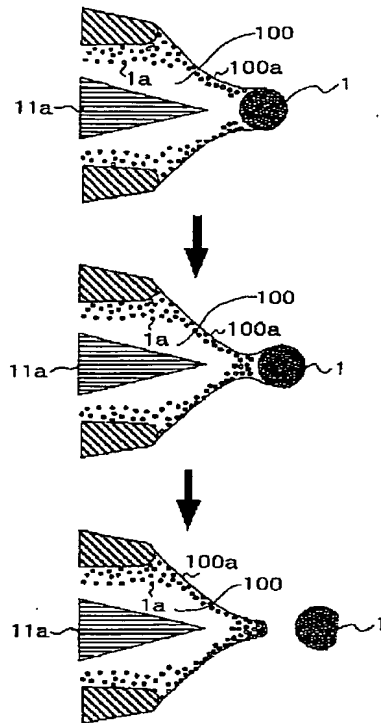
【図16】

図16



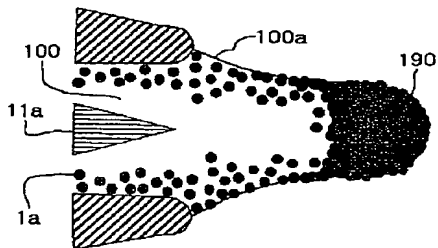
【図15】

図15



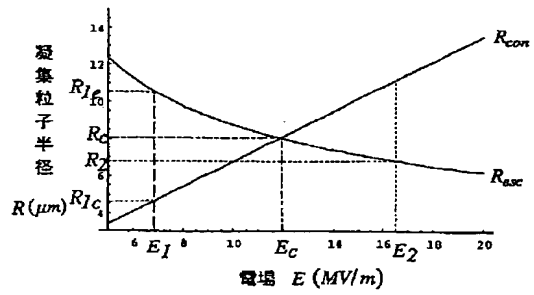
【図20】

図20



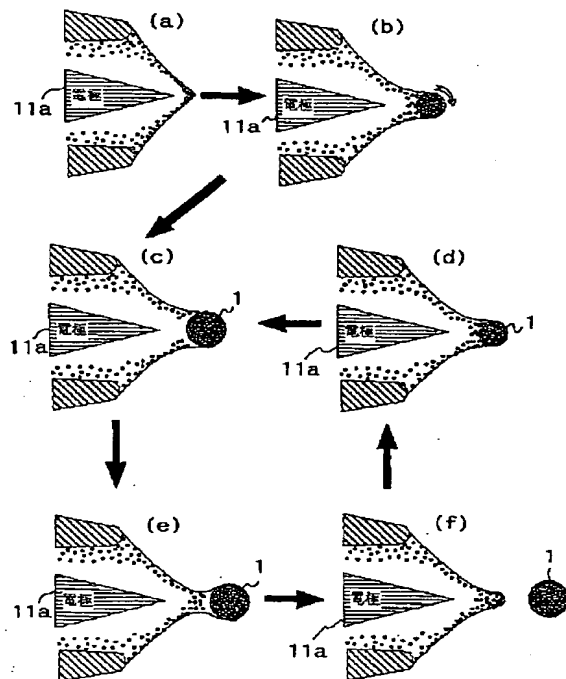
【図17】

図17

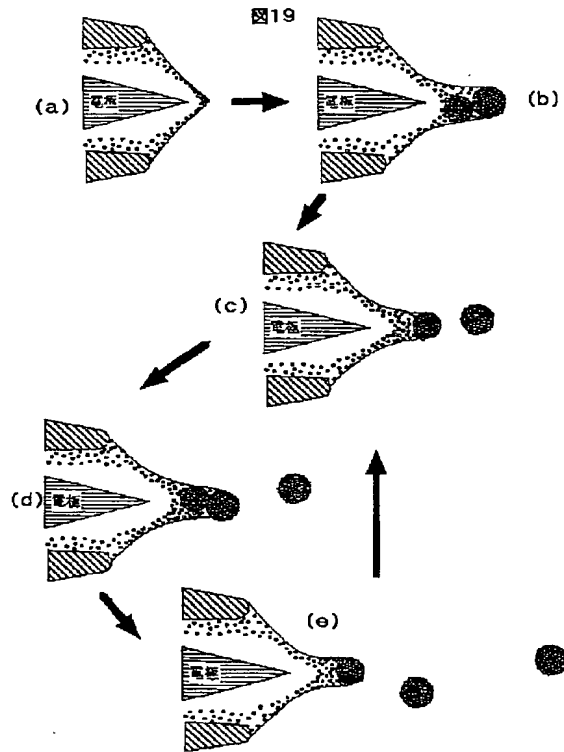


【図18】

図18

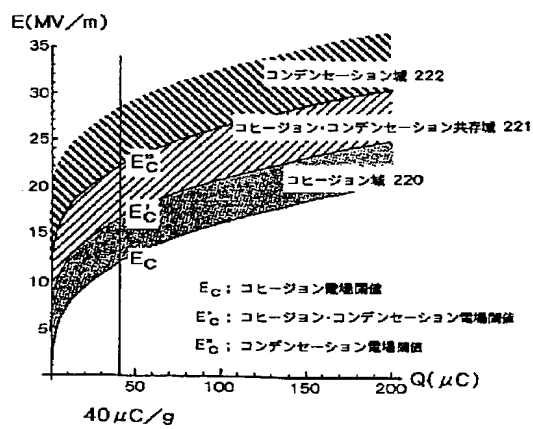


【図19】



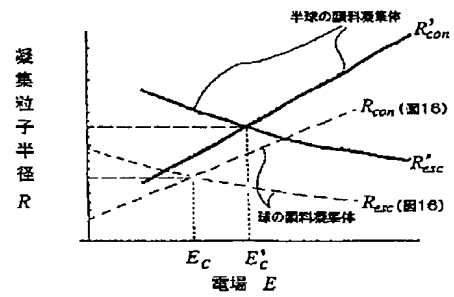
【図24】

図24



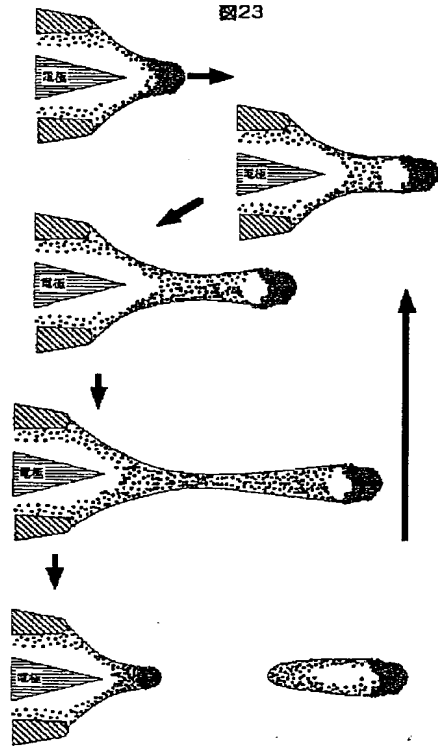
【図21】

図21



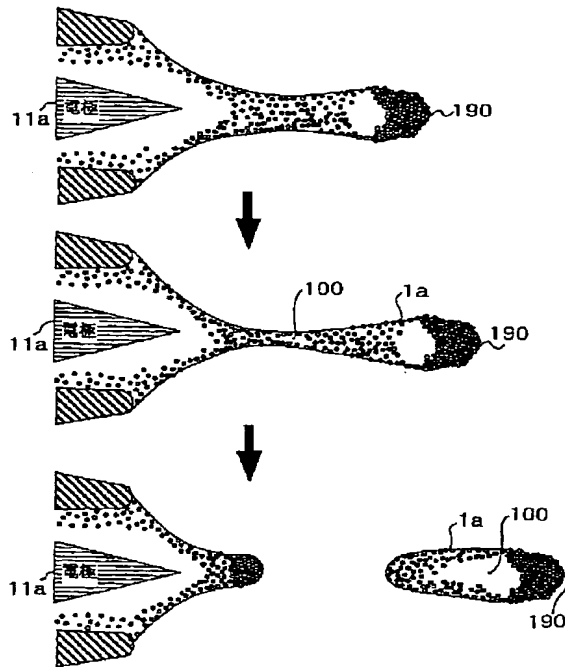
【図23】

図23



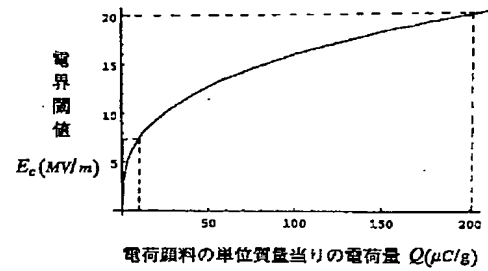
【図22】

図22



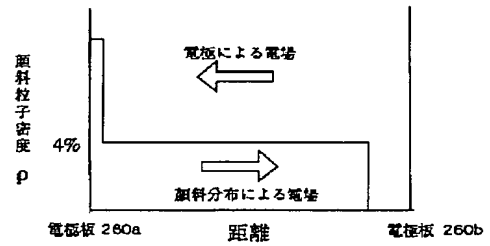
【図25】

図25



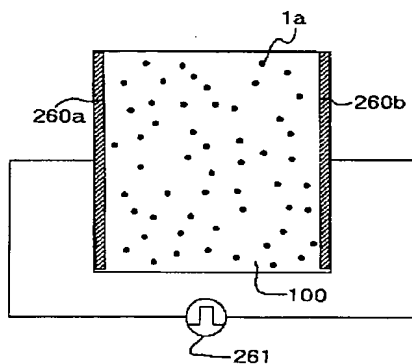
【図28】

図28



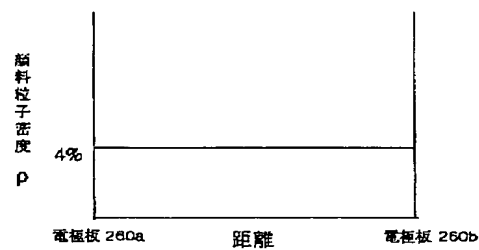
【図26】

図26

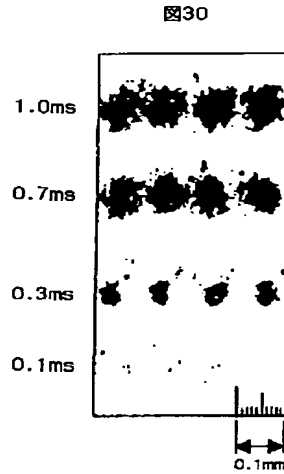


【図27】

図27



【図30】



---

フロントページの続き

(72)発明者 藤原 重隆  
茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株  
式会社日立製作所日立研究所内

(72)発明者 今関 周治  
茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株  
式会社日立製作所日立研究所内

(72)発明者 米倉 清治  
茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株  
式会社日立製作所日立研究所内

(72)発明者 長江 慶治  
茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株  
式会社日立製作所日立研究所内

Fターム(参考) 2C057 AF21 AG22 AH07 AM21 AM22  
BD05 DB01 DC15



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**